

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011012747 **Image available**

WPI Acc No: 1996-509697/199651

XRAM Acc No: C96-159790

XRPX Acc No: N96-429568

**Projection circuit pattern transfer exposure appts. for photolithography
- has photomask-wafer alignment optical system**

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 8262747	A	19961011	JP 9586197	A	19950317	199651 B
JP 3352280	B2	20021203	JP 9586197	A	19950317	200281

Priority Applications (No Type Date): JP 9586197 A 19950317

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

JP 8262747	A	13	G03F-009/00		
------------	---	----	-------------	--	--

JP 3352280	B2	13	G03F-009/00	Previous Publ. patent JP 8262747	
------------	----	----	-------------	----------------------------------	--

Abstract (Basic): JP 8262747 A .

A photomask-wafer alignment optics system is coupled to the
telecentric projection lens system placed in the light path between the
photomask and the wafer stage.

USE - Used in semiconductor device prodn. process.

ADVANTAGE - Precise photomask-wafer alignment can be implemented.

Dwg.1/5

Title Terms: PROJECT; CIRCUIT; PATTERN; TRANSFER; EXPOSE; APPARATUS;
PHOTOLITHOGRAPHIC; PHOTOMASK; WAFER; ALIGN; OPTICAL; SYSTEM

Derwent Class: G06; L03; P82; P84; U11

International Patent Class (Main): G03F-009/00

International Patent Class (Additional): G03B-027/32; G03F-007/20;

H01L-021/027

File Segment: CPI; EPI; EngPI

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-262747

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 9/00			G 0 3 F 9/00	H
G 0 3 B 27/32			G 0 3 B 27/32	F
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-86197

(22) 出願日 平成7年(1995)3月17日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 神田 恒雄

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

(72) 発明者 島 伸一

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

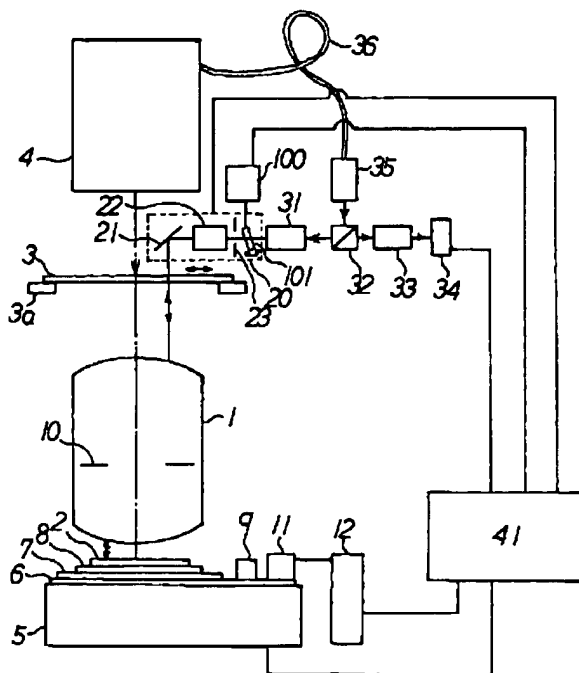
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 投影露光装置及びそれを用いた半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 レチクルとウエハとを高精度に位置合せでき、高集積度の半導体装置が得られる投影露光装置及びそれを用いた半導体装置の製造方法を提供する。

【構成】 露光用照明系4からの露光光で照明した第1物体としてのレチクル3のパターンを第2物体であるウエハ2上に投影する射出テレセントリックな投影レンズ系1と、ウエハ面上に設けた、アラインメントマークを観察用照明系35からの観察光で投影レンズ系1を介して照明すると同時に、該マークの所定面上における結像位置の観察によりレチクル3とウエハ2の相対的位置関係を検出する観察手段と、投影レンズのウエハ側での焦点誤差に基づき観察手段による計測値の誤差の計測手段をもつ投影露光装置である。観察手段はウエハマークの観察位置を任意に変更できる移動機構20と、計測誤差を最小にするための観察光主光線の光路調整用の補正光学系101を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光用照明系からの露光光で照明した第1物体のパターンを第2物体上に投影する射出テレセントリックな投影レンズ系と、該第2物体に設けたマークを観察用照明系からの観察光で該投影レンズ系を介して照明すると共に、該投影レンズ系を介して該マークの所定面上における結像位置を観察することにより該第1物体と第2物体の相対的な位置関係を検出する観察手段と該投影レンズの該第2物体側におけるフォーカス誤差に起因する該観察手段による計測値の計測誤差を計測する手段を有した投影露光装置において該観察手段は該第2物体のマークの観察位置を任意に変えることのできる移動機構と、該計測誤差を最小にする為、該観察光の主光線の光路を調整する補正光学系とを有していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光とするレンズ系を有し、前記補正光学系は光軸に対し垂直で互いに直交した軸を中心に傾き調整可能な透明な平行平板を有し、該平行平板は該アフォーカル光路中に設けられており、該平行平板の傾きを調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項3】 前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光として射出させるレンズ系を有し、前記補正光学系は互いに対向した状態で光軸を回転中心とする傾き調整可能で双方の間隔を任意に変えることのできる2つの透明な楔を有する楔部材を有し、該2つの楔は該アフォーカル光路中に設けられており、該2つの楔の傾き及び間隔を調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項4】 前記補正光学系は角度の異なる複数の楔より成る楔部材を有し、該複数の楔のうちの1つの楔を選択して光路中に配置して前記観察光の光路を調整していることを特徴とする請求項1の投影露光装置。

【請求項5】 前記移動機構による第2物体面上のマークの観察位置の変更に伴って前記補正光学系は観察光の光路を調整していることを特徴とする請求項1、2、3又は4の投影露光装置。

【請求項6】 露光光で照明したレチクル面上のパターンを射出テレセントリックな投影レンズ系によりウエハ面上に投影した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体デバイスを製造する際、観察手段により該ウエハ面上のマークを観察用照明系からの観察光で該投影レンズ系を介して照明し、該投影レンズ系を介して該マークの所定面上における結像位置を観察して、該レチクルとウエハの相対的な位置関係を検出すると共に、移動機構により該ウエハ面上のマークの観察位置を任意に変えたとき、補正光学系により該計測誤差を最小にする為、該

観察光の主光線の光路を調整していることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項7】 前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光とするレンズ系を有し、前記補正光学系は光軸に対し垂直で互いに直交した軸を中心に傾き調整可能な透明な平行平板を有し、該平行平板は該アフォーカル光路中に設けられており、該平行平板の傾きを調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていることを特徴とする請求項6の半導体デバイスの製造方法。

【請求項8】 前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光として射出させるレンズ系を有し、前記補正光学系は互いに対向した状態で光軸を回転中心とする傾き調整可能で双方の間隔を任意に変えることのできる2つの透明な楔を有する楔部材を有し、該2つの楔は該アフォーカル光路中に設けられており、該2つの楔の傾き及び間隔を調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていることを特徴とする請求項6の半導体デバイスの製造方法。

【請求項9】 前記補正光学系は角度の異なる複数の楔より成る楔部材を有し、該複数の楔のうちの1つの楔を選択して光路中に配置して前記観察光の光路を調整していることを特徴とする請求項6の半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は投影露光装置及びそれを用いた半導体デバイスの製造方法に関し、特にレチクル（第1物体）面上に形成されているIC、LSI等の微細な電子回路パターンを投影レンズ系（投影光学系）によりウエハ（第2物体）面上に投影露光し、半導体デバイスを製造する際にレチクルとウエハとの相対的な位置関係を高精度に検出し、高集積度の半導体デバイスを製造するのに好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイス製造用の投影露光装置では、第1物体としてのレチクルの回路パターンを投影レンズ系により第2物体としてのウエハ上に投影し、露光している。このとき、該投影露光に先立って観察装置を用いてウエハ面を観察することによりウエハ上のアライメントマーク（マーク）を検出し、この検出結果に基づいてレチクルとウエハとの位置整合（位置合わせ）、所謂アライメントを行なっている。

【0003】このときのアライメント精度は観察装置の光学性能に大きく依存している。この為、観察装置の性能は露光装置において重要な要素となっている。このような観察装置を利用してアライメントを行ったものは従来より種々の方式が提案されている。

【0004】例えばウエハ上に塗布されたレジストを感

He-Neレーザからの波長633nmの光を用いて投影レンズ系を介し(TTL)、ウエハ上のアライメントマークを検出する方式、所謂TTLオフアクシス方式がある。このTTLオフアクシス方式は投影レンズ系において色収差が多く発生する為、一般に露光位置においてウエハとレチクルを同時に観察することができない。この為ベースライン(アライメント位置でのショット中心と露光位置でのショット中心の距離)の変動を管理する必要がある。

【0005】一方、露光光を用いて投影レンズ系を介してウエハ面上のアライメントマークを検出する所謂TTLオンアクシス方式がある。このTTLオンアクシス方式を用いた投影露光装置が、例えば特開昭58-25638号公報や特開昭63-32303号公報等で提案されている。

【0006】これらの公報ではg線(436nm)の光(露光光)を用いて投影レンズ系によりレチクルの回路パターンをウエハ上に投影露光する一方、アライメント系にHe-Cdレーザから放射される波長442nmの光(アライメント光)を用い、レチクルとウエハの各々のアライメントマークを検出している。そして投影レンズ系をレチクル側とウエハ側の双方でテレセントリックとなるように、所謂両テレセントリックな光学系を構成することによりレチクル側よりウエハ面上を観察する際、アライメント光の主光線が常にレチクル面に垂直となるという特徴を利用している。

【0007】これにより製造するICの種類が変わってレチクル面上でのパターン寸法が変化してアライメント系の観察位置を変化させてもレチクル面に入射或は反射する光の角度を不変とすることができ、この性質を利用することにより高精度なTTLオンアクシスシステムを構成している。尚、TTLオンアクシスシステムというのは露光する投影光学系を介して露光する状態のままレチクルとウエハとのアライメントを行うことである。

【0008】又、観察装置の照明光束主光線の角度を偏向する方式として、特開昭63-56917号公報が提案されている。本公報では投影光学系の光軸と、アライメント光学系のレチクル側観察位置との相対位置を検出し、検出情報に応じて予め求めた投影レンズの主光線の傾き角度だけ、観察装置の照明光束主光線角度を偏向するものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】投影レンズ系を介してウエハ面上のアライメントマークを観察する際、投影光学系の光軸上、特定の位置(像高)だけのアライメントマークを観察するのであれば、その像高で照明光の主光線がウエハ面と垂直になるように設定すれば良い。

【0010】しかしながら、例えばオフアクシスアライメントの為のベースラインを計測する時、計測像高がレチクルの都合上等で変えざるを得なかったり、又TTL

オンアクシスアライメントをする為、或はアライメントマーク等の配置の為に観察像高を変えなければならない時がある。このとき投影光学系に瞳の球面収差が残存しているとウエハと照明光束の主光線との角度が垂直からずれてくる。

【0011】次に図12を用いて投影光学系に瞳の球面収差が残存している場合に、主光線がウエハ面に垂直入射せず、ずれることについて説明する。

【0012】図12において1はウエハ2側がテレセントリックな投影光学系、2はウエハ、3はレチクルパターン面、10は投影光学系1内の絞りを示す。投影光学系1の瞳に球面収差があると図12の各像高A、B、Cにおいてウエハ2側のどの像高に対しても観察光の主光線がウエハ面2を垂直にする為には像高Aのレチクル3側に対応するところで $+\theta$ 、像高Bのレチクル側に対応するところで0、像高Cのレチクル側に対応するところで $-\theta$ 分だけ主光線のレチクル3への入射角を傾けなければならない。各像高に応じてレチクル3への入射角を変えないとウエハ2への観察光の入射角が投影光学系1の結像倍率を $-1/\beta$ としたとき像高Aでは $-\beta\theta$ 、像高Bでは0、像高Cでは $+\beta\theta$ となる。

【0013】このようにウエハ2への観察光の入射角が傾いてしまったとき、図13(A)に示すように+側に $D+\mu\text{m}$ デフォーカスで Δ_1 、-側に $D-\mu\text{m}$ デフォーカスで Δ_2 というようにアライメントマーク位置計測値がずれる。このため、

+側は、 $1\mu\text{m}$ デフォーカスあたり Δ_1/D 、

-側は、 $1\mu\text{m}$ デフォーカスあたり Δ_2/D 、

だけ、アライメントマークの計測値がデフォーカス量に対し、依存性(以下「デフォーカス特性」と呼ぶ。)を持つてしまう。

【0014】前述の特開昭63-32303号公報ではアライメント照明系の一部の光学要素の姿勢を変化させて補正を行っている。具体的には光路中のミラー等の角度を変化させている。この為、補正する為に変化させる角度はレチクル側の入射角として必要な角度の半分であり、微小量な角度となり、高い補正精度を確保することは困難であった。

【0015】前述の特開昭63-56917号公報では投影光学系の光軸とアライメント光学系の観察位置との相対位置を検出し、検出情報に応じて予め求めた投影レンズのテレセントリック性のずれ量に対応した角度だけ、観察装置の照明光束主光線角度を偏向している。この為、補正精度には投影レンズ光軸と観察位置との相対位置の検出精度が含まれてしまう。

【0016】又、予め投影レンズのテレセントリック性のずれ量に対応した補正テーブルを持つ場合、ずれ量を設計値により求めると、組立時による調整誤差が残存し、補正誤差となる。

【0017】計測によりずれ量を求める場合も観察光源

の交換等による経時変化により補正精度が落ちるという問題が生じる。補正テーブルを定期的に計測する場合も、全像高でのデータを再計測しなければならず、多大な時間を要するという問題が生じる。

【0018】補正テーブルを定期的に計測する場合も、全像高でのデータを再計測しなければならず多大な時間を要するという問題が生じる。

【0019】更に、投影レンズのテレセントリック性のずれ量以外の要因によるフォーカス誤差に起因する計測誤差は補正できない。例えば、Z駆動による他成分（斜めに動いた時）がある場合は、フォーカス誤差に起因する計測誤差が発生する。

【0020】このように補正テーブルかできない要因の補正は従来システムでは不可能であり、高精度なアライメントは到底望めないものである。

【0021】本発明は、投影光学系を介してウエハ（第2物体）面上のアライメントマークを観察する際、投影光学系の瞳に球面収差が多少残存していても種々の像高において観察光の主光線がウエハ面に垂直に入射できるようにしてレチクル（第1物体）とウエハとの相対的な位置合わせを高精度に行い、高集積度の半導体デバイスが容易に得られる投影露光装置及びそれをを用いた半導体デバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、

（1-1）露光用照明系からの露光光で照明した第1物体のパターンを第2物体上に投影する射出テレセントリックな投影レンズ系と、該第2物体に設けたマークを観察用照明系からの観察光で該投影レンズ系を介して照明すると共に、該投影レンズ系を介して該マークの所定面上における結像位置を観察することにより該第1物体と第2物体の相対的な位置関係を検出する観察手段と該投影レンズの該第2物体側におけるフォーカス誤差に起因する該観察手段による計測値の計測誤差を計測する手段を有した投影露光装置において該観察手段は該第2物体のマークの観察位置を任意に変えることのできる移動機構と、該計測誤差を最小にする為、該観察光の主光線の光路を調整する補正光学系とを有していることを特徴としている。

【0023】特に、

（1-1-1）前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光とするレンズ系を有し、前記補正光学系は光軸に対し垂直で互いに直交した軸を中心に傾き調整可能な透明な平行平板を有し、該平行平板は該アフォーカル光路中に設けられており、該平行平板の傾きを調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていること。

【0024】（1-1-2）前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光として射出させる

レンズ系を有し、前記補正光学系は互いに対向した状態で光軸を回転中心とする傾き調整可能で双方の間隔を任意に変えることのできる2つの透明な楔を有する楔部材を有し、該2つの楔は該アフォーカル光路中に設けられており、該2つの楔の傾き及び間隔を調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていること。

【0025】（1-1-3）前記補正光学系は角度の異なる複数の楔より成る楔部材を有し、該複数の楔のうちの1つの楔を選択して光路中に配置して前記観察光の光路を調整していること。

【0026】（1-1-4）前記移動機構による第2物体面上のマークの観察位置の変更に伴って前記補正光学系は観察光の光路を調整していること。

【0027】（1-1-5）前記観察手段の観察光の光路調整は前記計測手段の計測結果により行っていること。等、を特徴としている本発明の半導体デバイスの製造方法は、

（1-2）露光光で照明したレチクル面上のパターンを射出テレセントリックな投影レンズ系によりウエハ面上に投影した後に、該ウエハを現像処理工程を介して半導体デバイスを製造する際、観察手段により該ウエハ面上のマークを観察用照明系からの観察光で該投影レンズ系を介して照明し、該投影レンズ系を介して該マークの所定面上における結像位置を観察して、該レチクルとウエハの相対的な位置関係を検出すると共に、移動機構により該ウエハ面上のマークの観察位置を任意に変えたとき、補正光学系により該計測誤差を最小にする為、該観察光の主光線の光路を調整していることを特徴としている。

【0028】特に、

（1-2-1）前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光とするレンズ系を有し、前記補正光学系は光軸に対し垂直で互いに直交した軸を中心に傾き調整可能な透明な平行平板を有し、該平行平板は該アフォーカル光路中に設けられており、該平行平板の傾きを調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていること。

【0029】（1-2-2）前記観察手段は前記観察用照明系からの観察光をアフォーカル光として射出させるレンズ系を有し、前記補正光学系は互いに対向した状態で光軸を回転中心とする傾き調整可能で双方の間隔を任意に変えることのできる2つの透明な楔を有する楔部材を有し、該2つの楔は該アフォーカル光路中に設けられており、該2つの楔の傾き及び間隔を調整して観察光の光路を光軸に対して平行にシフトしていること。

【0030】（1-2-3）前記補正光学系は角度の異なる複数の楔より成る楔部材を有し、該複数の楔のうちの1つの楔を選択して光路中に配置して前記観察光の光路を調整していること。

【0031】（1-2-4）前記観察手段の観察光の光

路調整は前記計測手段の計測結果により行っていること。等、を特徴としている。

【0032】

【実施例】図1は本発明の半導体デバイス製造用の投影露光装置の実施例1の光学系の要部概略図である。同図において3は第1物体としてのレチクルで、レチクルステージ3aに載置されており、露光用照明系4からの露光光で照明している。2は第2物体としてのウエハであり、その面上にはアライメントマーク（AAマーク）が設けられている。1は投影光学系（投影レンズ系）であり、射出テレストリック系より成りレチクル3面上の回路パターン等をウエハ2面上に投影している。10は投影レンズ系1の絞りである。8はウエハチャックであり、ウエハ2を載置している。

【0033】7は θ -Zステージでウエハチャック8を載置しており、ウエハ2の θ 回転及びフォーカス調整即ちZ方向の調整を行っている。 θ -Zステージ7はチルトステージ6及びステップ動作を高精度に行う為のXYステージ5上に載置されている。チルトステージ6上にはステージ位置計測の基準となる光学スクウェア（バーミラー）11が置かれており、この光学スクウェア11をレーザ干渉計12でモニターしている。

【0034】即ち、レーザ干渉計12はXYステージ5の位置をモニターし、回線を通じてコンピュータ41で位置制御している。又チルトステージ6上には非TTL-アライメント用のフィデューシャルマーク9が設けられている。

【0035】本実施例におけるレチクル3とウエハ2との位置合わせ（アライメント）は予め位置関係が求められている基準マークに対して各々位置合わせを行うことにより間接的にを行っている。又は実際レジスト像パターン等をアライメントを行って露光を行い、その誤差（オフセット）を測定し、それ以後その値を考慮してオフセット処理して行っている。

【0036】次にウエハ2面のマーク（アライメント）の位置検出を観察手段を用いて行う方法について説明する。35は観察用照明系である。観察用照明系35には露光用照明系4からファイバー36を通して露光光を観察光として導入している。観察用照明系35からの観察光はビームスプリッター32で反射してリレーレンズ31に入射する。リレーレンズ31からの観察光は平行光（アフォーカル）となり、透明な平行平板より成る補正光学系101を介して光路を変位させて、絞り23を通過し、対物レンズ22に入射している。

【0037】尚、対物レンズ22は無限遠物体に対して収差補正している。又補正光学系101はアフォーカル中でかつ対物レンズ22の瞳面以外の位置に配置している。補正光学系101は駆動手段100により、光軸に垂直で互いに直交する2軸を中心に傾動可能となっている。そしてこのときの補正光学系101の姿勢は後述す

るコンピュータ41で制御している。

【0038】対物レンズ22からの観察光はミラー21で反射してレチクル3を照明している。絞り23と対物レンズ22、そしてミラー21は移動機構20により光軸方向（レチクル3と平行方向）に移動可能となっている。これによりウエハ2面上の観察像高を変えている。移動機構20は回線を通じてコンピュータ41で制御している。移動機構20により対物レンズ22とリレーレンズ31との間隔は変化するがこの光路はアフォーカルとして結像状態に影響しないようにしている。尚、対物レンズの移動に連動して光路長を補正する為の機構をアフォーカル中に設けても良い。

【0039】レチクル3を通過した観察光は投影光学系1を介し、その中の絞り10を経て、ウエハ2面上のアライメントマーク（AAマーク）を照明している。このとき後述するように補正光学系101を用いて観察像高が変わっても観察光の主光線の角度を偏向し、デフォーカス特性を補正するようにしている。ウエハ2面上のAAマークからの反射光は元の光路を戻り、順に投影レンズ系1、ミラー21、対物レンズ22、補正光学系101、リレーレンズ31、ビームスプリッター32、そしてエレクターレンズ33を介して撮像素子（CCDカメラ）34に入射し、その面上にウエハ2面上及びレチクル3面上の像（AAマーク像）を結像している。

【0040】撮像素子34からのAAマーク像は回線を通じてコンピュータ41で演算処理して、これによりレチクル3とウエハ2との相対的な位置関係を求めている。そしてXYステージ5を駆動させて、レチクル3とウエハ2との位置合わせを行っている。

【0041】本実施例において各要素21、22、23、31、32、33、34、35は観察手段の一要素を構成している。

【0042】以上のように本実施例においてはCCD34面上に形成したマーク像の位置を観察（計測）することによりウエハ2の位置関係を求めている。例えば、マーク像のCCD34面上の基準位置（基準マーク）からのずれを求めている。

【0043】尚本実施例ではウエハ2面のマークを検出する観察手段及びレチクルと本体との位置合わせを行う手段を投影レンズ系1の光軸に対して対称に複数個設けている。

【0044】本実施例では以上のようにしてレチクル3とウエハ2との相対的な位置合わせを高精度に行い、その後レチクル3面のパターンを投影レンズ系1によりウエハ2面に投影露光し、公知の現像処理工程を経て半導体デバイスを製造している。

【0045】次に本実施例における補正光学系101の光学的作用について説明する。一般に投影光学系では前述したようにウエハ2面上のAAマークが投影光学系1の光軸から変化し、即ち像高が変化し、このとき投影光

光学系1に瞳の球面収差があると、これにより投影光学系1を射出する主光線L a 1のウエハ2面上への入射角が垂直からずれてくる。

【0046】本実施例では補正光学系101によりデフォーカス特性を補正している。

【0047】デフォーカス特性の計測

1. ベストピント面から $-a$ だけ $\theta-Z$ をZ方向に駆動する。
2. マーク位置の計測を行いその値を $f(-a)$ とする。
3. ベストピント面から $+a$ だけ $\theta-Z$ をZ方向に駆動する。
4. マーク位置の計測を行いその値を $f(a)$ とする。
5. デフォーカス特性 $\Delta = (f(a) - f(-a)) / 2a$ を算出する。

【0048】尚、今回は2点で説明したが、それ以上のポイントを測定してもかまわない。 Δ の絶対値が最小になるように顕微鏡の平行平板の姿勢を変化され、ウエハ面上における主光線の傾きを制御する。

【0049】図2は図1の補正光学系(平行平板)101近傍の光路を展開した要部概略図である。同図に示すようにリレーレンズ31からの平行光(観察光)は平行平板101を通過後、光軸Lに対して平行偏心(シフト)して絞り23を通過後対物レンズ22によりレチクル3面上に集光している。

【0050】今、平行平板101の材質の屈折率を n 、観察光L aの平行平板101への入射角を α 、平行平板101の厚さを d 、観察光L aの平行平板101を通過後のシフト量を S とすると、

$$S = (d / \cos \alpha) \sin (\alpha - \theta) \quad \cdots \cdots (1)$$

となる。但し、

$$\theta = \sin^{-1} (\sin \alpha / n) \quad \cdots \cdots (2)$$

である。従って主光線L a 1のレチクル3への入射角 θ_1 は、

$$\theta_1 = \tan^{-1} (S / f) \quad \cdots \cdots (3)$$

となる。但し、 f は対物レンズ22の焦点距離である。このように平行平板101を傾けることによりレチクル3への入射角 θ_1 を制御することができる。

【0051】 θ_1 と α の関係について具体的な数値を示すと、

$$d = 1.0 \text{ mm} \quad n = 1.5 \quad f = 5.0 \text{ mm} \quad \text{とすると} \quad \theta_1 = 1^\circ \quad \text{とする為には} \quad \alpha \approx 1.4^\circ$$

となる。従来例で見ると $\alpha = 0.5^\circ$ となり、本発明では従来例(特開昭63-32303号)よりも補正の為の駆動角度が大きくとれ、駆動及び検出も容易となると共に駆動分解能も向上し、補正精度を向上させている。

【0052】図3(A)、(B)、(C)は補正光学系101を通過した主光線L a 1が投影レンズ系1を介してウエハ2面上に入射するときの光路の概略図である。

【0053】同図では投影光学系1の各像高におけるウ

エハ面2と主光線L a 1が垂直(以下「ウエハ側テレセントリシティー」という。)になる為の補正方法を示している。投影光学系1に図12に示すような瞳の球面収差が残存しているとき、図3(A)の像高においてウエハ側をテレセントリシティーにする為には投影光学系1内の絞り10の位置で d_1 という瞳の球面収差を発生させる必要がある。その為に平行平板101を角度 $+\theta_1$ 傾ける。それにより主光線L a 1はシフトし、主光線L a 1のレチクル3への入射角は投影光学系内1の絞り10においてウエハ側テレセントリシティーにする為に必要な瞳の球面収差 d_1 を発生させる為の角度になる。従って像高Aでは平行平板101を角度 θ_1 傾けて、これによりウエハ側テレセントリシティーを実現している。

【0054】同様にして図3(B)の像高Bにおいてはウエハ側テレセントリシティーにする為に必要な瞳の球面収差が0である。図3(C)の像高Cにおいては必要な瞳の球面収差が $+d_2$ である。この為それぞれ平行平板101を角度0、角度 $-\theta_1$ 傾けている。

【0055】このように本実施例では像高に応じ、平行平板101の角度を自動補正してデフォーカス特性の補正を達成している。これにより何らかの原因でアライメント計測時にデフォーカスしても図13に示すような位置計測値の変化が生じないようにしている。

【0056】図4、図5、図6は本実施例においてデフォーカス特性を補正する為の平行平板101を駆動させるときの駆動機構の説明図である。図4は平面図、図5は正面図、図6は斜視図である。図4～図6において101は平行平板、102は平行平板を固定するホルダ、103は平行平板101をX軸回りに回転駆動する為のモータ、104はホルダ102をモータ軸に固定する為の止めねじ、105はモータ103で駆動する時に原点位置を検出する為のフォトスイッチ、106はフォトスイッチ105を遮光する為の遮光板、107はモータを固定するベースである。

【0057】110は平行平板101をZ軸回りに回転駆動する為のモータ、111はモータを固定する板、112はベース、113はモータ110の回転を伝達する為のギアa、114はギアa 113をモータ軸に固定する為の止めねじ、115はギアa 113の回転を伝達するギアb、116はギアa 113、ギアb 115を介し、モータ110の回転を伝達する為の軸、117は軸116にギアbを固定する為の止めねじ、118は軸116を支持するベアリング、119はベアリングを保持するホルダ、120はZ軸回りに回転駆動する時に原点位置を検出する為のフォトスイッチ、121はフォトスイッチを遮光する為の遮光板である。

【0058】次に動作を説明する。

【0059】(イ) X軸回りの回転について

平行平板101はホルダ102に固定され、ホルダ1

02はモータ103の出力軸に直結されている。モータ103が回転することにより、平行平板101はX軸回りに回転する。ホルダ102に固定された遮光板106がフォトスイッチ105を遮光した位置を原点とし、そこからモータ103が目標位置まで回転することにより平行平板101はX軸回りに目標位置まで回転する。

【0060】(ロ) Z軸回りの回転について
Z軸回りの回転は、平行平板101のZ軸中心と同軸に配置した軸116を回転することにより行う。ベース107はX軸回り駆動系を保持すると共に、軸116に固定されている。Z軸回りの回転はX軸回りの駆動系全体を回転する。これによりX軸、Z軸それぞれに独立に駆動を行っている。軸116の回転は軸116に固定されたギアb115及びギアa113を介しモータ110により駆動される。原点の検出はベース107に固定された遮光板121がフォトスイッチ120を遮光することにより行っている。

【0061】上記構成によりデフォーカス特性の自動補正を達成している。

【0062】図7は本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べてビームスプリッタ32をリレーレンズ31と絞り23との間に設けると共に補正光学系としての平行平板201を観察用照明系35とビームスプリッタ32との間に設けて駆動手段200で駆動制御している点が異なり、その他の構成は同じである。

【0063】同図において観察用照明系35からの観察光は平行平板201を介しビームスプリッタ32で反射した後、絞り23を通過し、対物レンズ22に入射している。その後の光路は図1の実施例1と同じである。

【0064】本実施例では図1の実施例1と同様にして平行平板201の角度を投影光学系1の観察像高に応じ傾けることにより、全ての像高においてデフォーカス特性の補正を達成している。

【0065】本実施例では平行平板201の傾きが撮像素子34面上におけるAAマーク像の結像性能に影響を与えることもないという特長がある。

【0066】図8は本発明の投影露光装置の実施例3の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べて補正光学系としての平行平板301を絞り23と対物レンズ22との間に配置して駆動手段300で駆動制御している点が異なり、その他の構成は同じである。

【0067】同図において観察用照明系35からの観察光はビームスプリッター32で反射してリレーレンズ31に入射し、リレーレンズ31からは平行光(アフォーカル)となって出射する。リレーレンズ31からの観察光は絞り23を通過し、平行平板301を介して対物レンズ22に入射している。その後の光路は図1の実施

例1と同様である。

【0068】本実施例では平行平板301が絞り23より対物レンズ22側にある為、観察光は常に絞り23の中心を通る。従って観察光に対し垂直なウエハ面で反射した0次回折光も絞り23の中心を通る。そこで絞り23に対しリレーレンズ31側に配置した光学系で絞り23の中心と0次回折光中心とのずれ量をモニターすることにより、平行平板301の姿勢をモニターしている。これによって確実に全像高においてもデフォーカス特性の補正を保証している。

【0069】図9は本発明の投影露光装置の実施例4の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べて補正光学系として透明な複数のプリズム(楔)を有する楔部材401を用いて、該楔部材401のうちの1つの楔を選択してビームスプリッタ32とリレーレンズ31との間に配置していること、そしてコンピュータ41からの指令に基づいて駆動機構400により観察像高に応じた対象とする角度を有した楔を光路中に配置しており、これにより観察光の光路を変えて実施例1と同様の効果を得ていることが異なり、その他の構成は同じである。

【0070】同図において観察用照明系35からの観察光はビームスプリッタ32で反射して楔部材401の1つの楔を介してリレーレンズ31に入射している。リレーレンズ31からの平行光は絞り23を通過して対物レンズ22に入射している。その後の光路は図1の実施例1と同様である。

【0071】本実施例では観察像高が限定され、連続的な像高に対し、ウエハ側テレセントリシティを補正する必要のない場合に最適である。像高変更時、楔を交換するだけで良い為、平行平板の姿勢を制御する必要がなく、又高速に切り替えることができるといった特長がある。

【0072】図10は本発明の投影露光装置の実施例5の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べて補正光学系として透明な同質で同形状の2つの楔501、502を対向配置した楔部材をリレーレンズ31と絞り23との間に配置していること、そしてコンピュータ41からの指令に基づいて駆動機構500により観察像高に応じて2つの楔501、502の間隔を変えると共に、双方を光軸を回転軸として回転させることにより、観察光の光路を変位させており、これにより実施例1と同様の効果を得ていることが異なり、その他の構成は同じである。

【0073】同図において観察用照明系35からの観察光はビームスプリッタ32で反射してリレーレンズ31で平行光となって楔501、502を通過し、絞り23に入射している。絞り23からの観察光の光路は図1の実施例1と同様である。

【0074】本実施例では同一形状、同一材質の互いに

対向した透明な2つの楔501、502を用いている為、楔で発生する非対称性の収差をキャンセルすることができ、常に良好な画像を得ることができる為、高精度な位置合わせが達成できるという特長がある。

【0075】図11は本発明の投影露光装置の実施例6の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べてウエハ2面上のAAマークを観察する観察手段の各要素21、22、23、31、32、33、34をレチクル3と投影レンズ系1との間に配置してレチクル3を介していないこと、観察用照明系610からの観察光として露光光とは異なった波長の光束（非露光光）を用いていること、観察光として露光光と異なった波長の光を用いたことに起因して、投影レンズ系1から発生するコマ収差や非点収差等の諸収差を補正する為、収差補正レンズ24をミラー21と投影レンズ1との間に配置した点が異なっており、その他の構成は同じである。

【0076】本実施例では収差補正レンズ24、絞り23、対物レンズ22、ミラー21等は移動機構60によりレチクル3面と平行方向に移動して観察像高を変えている。

【0077】本実施例において観察用照明系610からの観察光が順にビームスプリッタ32、リレーレンズ31、補正光学系601、絞り23、対物レンズ22、そしてミラー21までに至る光路は図1の実施例1と同様である。

【0078】実施例1に比べてミラー21からの観察光が収差補正レンズ24を介して投影レンズ系1に入射している点、そしてウエハ面2上のAAマークからの反射光が投影レンズ1を通過し、収差補正レンズ24を介してミラー21で反射する点が異なっているだけであり、その他の構成は同じである。

【0079】以上の各実施例ではレチクル3面上又はウエハ2面上のAAマークを観察してレチクル3とウエハ2との位置合わせを行う場合について説明したが、本発明に係る補正光学系を利用すればウエハ2面上のマークの鮮鋭度、即ちフォーカス状態を検出してウエハ2が投影光学系1の最良像面に位置するように θ -Zステージ7を駆動制御することができる。即ち補正光学系は自動焦点検出系としても同様に適用することができる。

【0080】次に上記説明した露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0081】図14は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0082】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ

上に実際の回路を形成する。

【0083】次のステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0084】図15は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。

【0085】ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0086】本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0087】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、投影光学系を介してウエハ（第2物体）面上のアライメントマークを観察する際、投影光学系の瞳に球面収差が多少残存していても種々の像高においてデフォーカス特性を補正してレチクル（第1物体）とウエハとの相対的な位置合わせを高精度に行い、高集積度の半導体デバイスが容易に得られる投影露光装置及びそれを用いた半導体デバイスの製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投影露光装置の実施例1の要部概略図

【図2】図1の一部分の光路を展開したときの説明図

【図3】図1の一部分の光路を展開したときの説明図

【図4】本発明に係る補正光学系の駆動機構の要部概略図

【図5】本発明に係る補正光学系の駆動機構の要部概略図

【図6】本発明に係る補正光学系の駆動機構の要部概略図

【図7】本発明の投影露光装置の実施例2の要部概略図

【図8】本発明の投影露光装置の実施例3の要部概略図

【図9】本発明の投影露光装置の実施例4の要部概略図

【図10】本発明の投影露光装置の実施例5の要部概略図

15

16

図

【図11】本発明の投影露光装置の実施例6の要部概略

図

【図12】投影光学系の瞳の球面収差の説明図

【図13】投影光学系のディフォーカス特性の説明図

【図14】本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

【図15】本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

【符号の説明】

- 1 投影レンズ
- 2 ウエハ
- 3 レチクル
- 4, 35 照明光学系
- 5 X-Yステージ
- 6 チルトステージ
- 7 θ -Zステージ
- 8 ウエハチャック
- 9 フィデューシャルマーク
- 10 絞り
- 11 パーミラー
- 12 レーザ干渉計
- 21 ミラー
- 22 対物レンズ

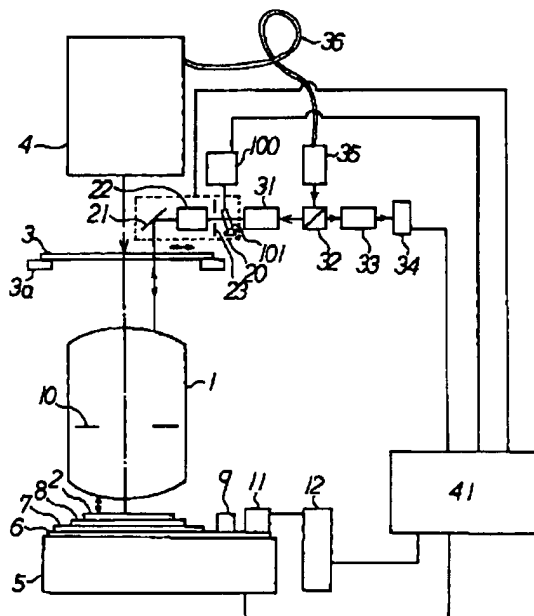
- 23 絞り
- 24 補正光学系
- 31 リレーレンズ
- 32 ビームスプリッタ
- 33 エレクター
- 34 CCDカメラ
- 36 ライトガイド
- 41 コンピュータ

100, 200, 300, 400, 500, 600

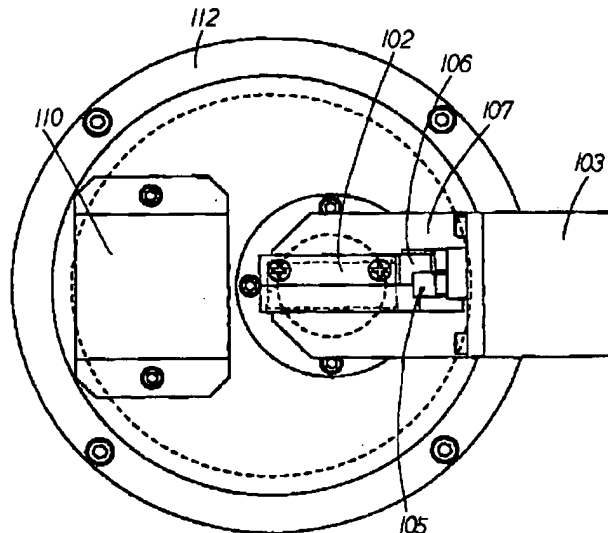
10 駆動機構

- 101, 201, 301, 601 平行平板
- 102, 119 ホルダ
- 103, 110 モータ
- 104, 114, 117 止めねじ
- 105, 120 フォトスイッチ
- 106, 121 遮光板
- 107, 112 ベース
- 111 モータを固定する板
- 113 ギアa
- 20 115 ギアb
- 116 軸
- 118 ベアリング
- 401, 402, 501, 502 楔

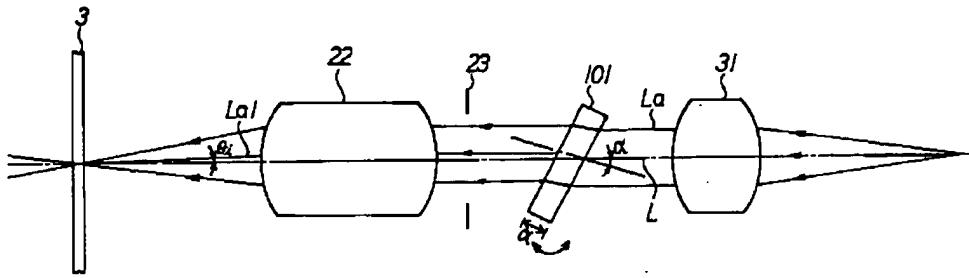
【図1】



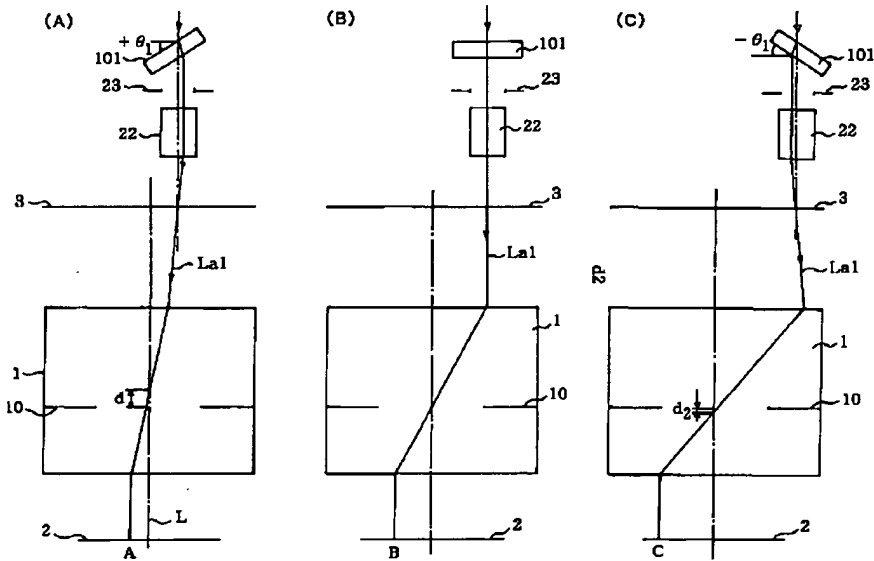
【図4】



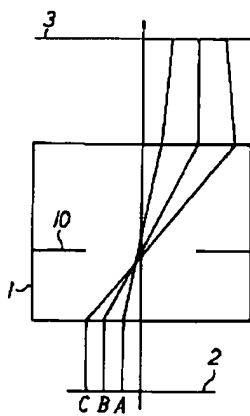
【図2】



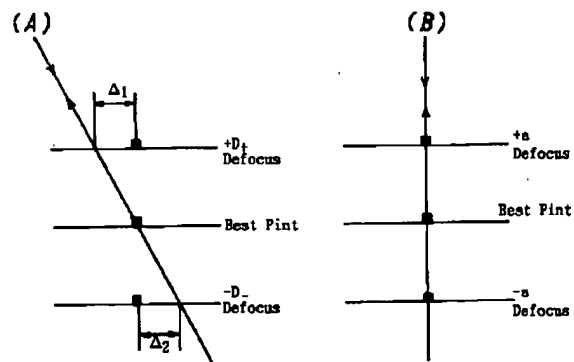
【図3】



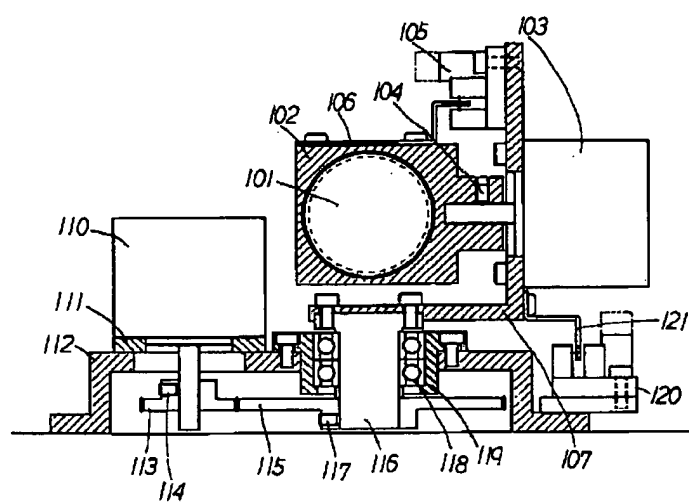
【図12】



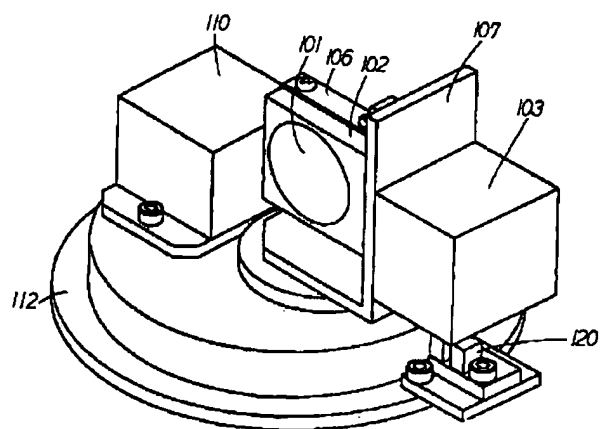
【図13】



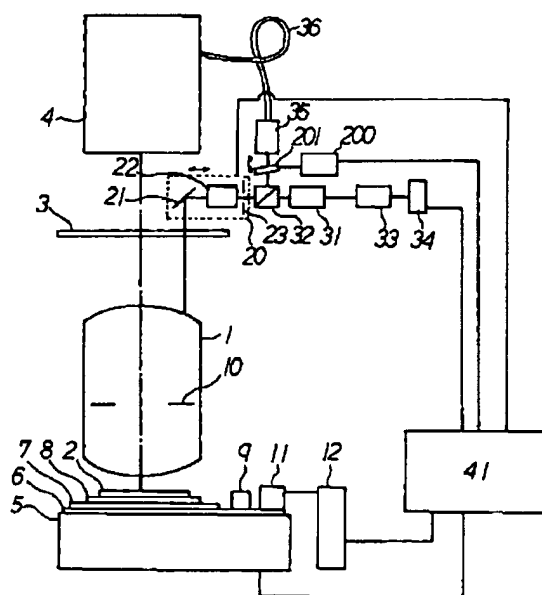
【図5】



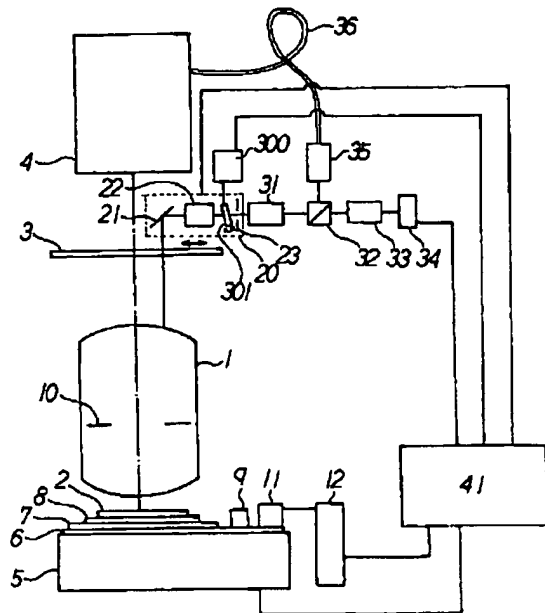
【図6】



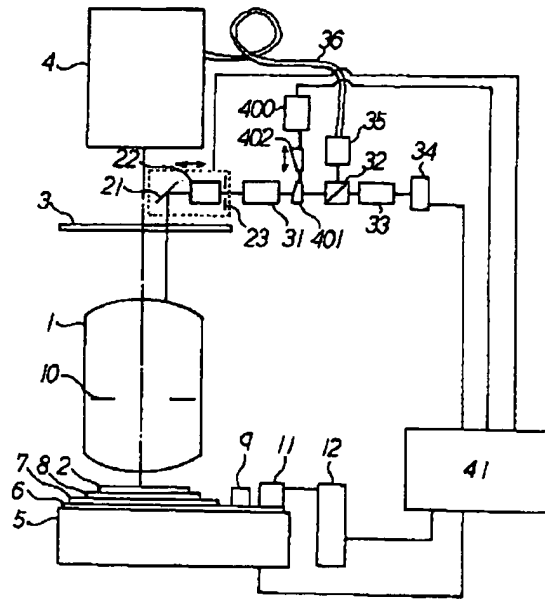
【図7】



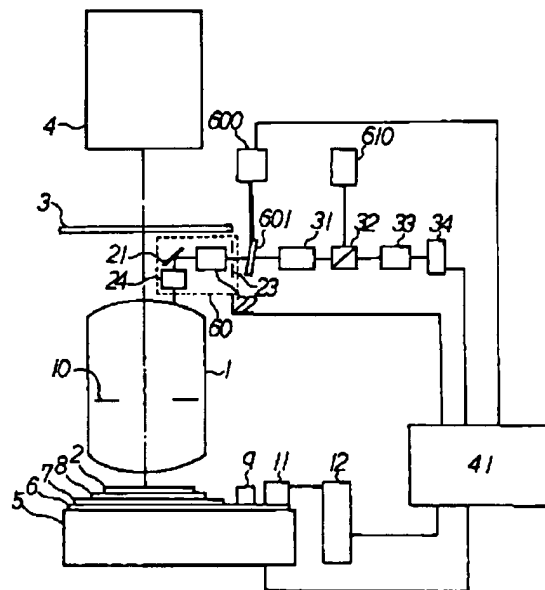
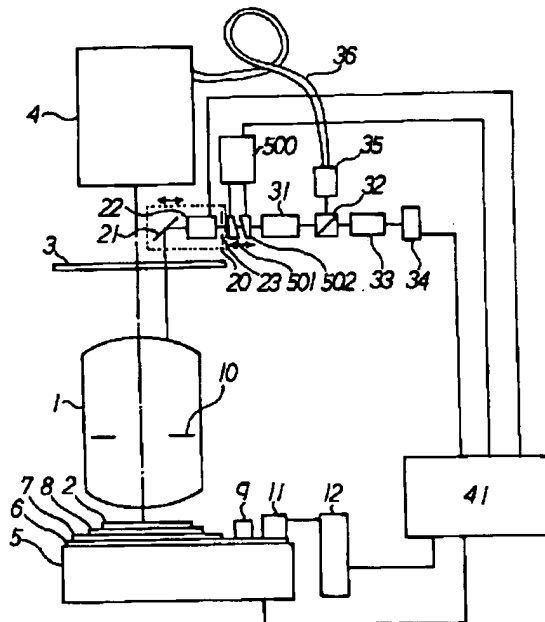
【図8】



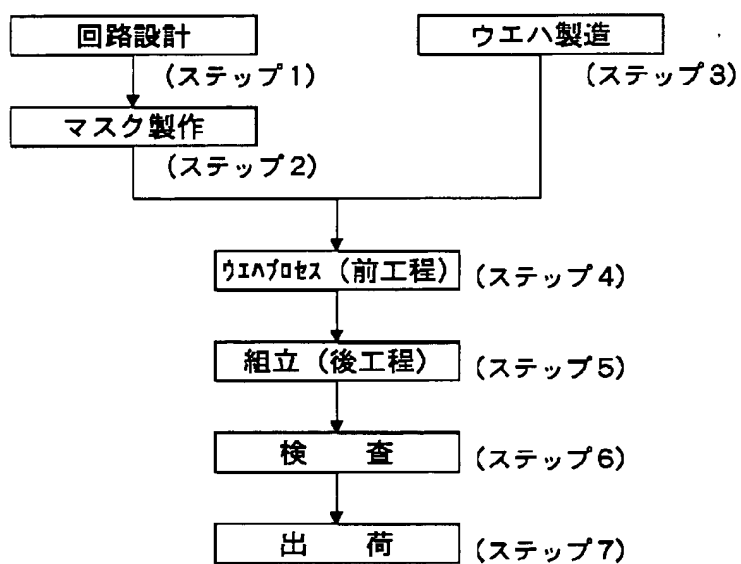
【図9】



【図10】



【図14】



【図15】

